

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-238338

⑬ Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)9月20日

G 01 M 11/02

B

7529-2G

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 レンズ検査装置

⑯ 特 願 平1-57740

⑰ 出 願 平1(1989)3月13日

⑱ 発 明 者 秋 葉 俊 一 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

⑲ 発 明 者 木 下 和 人 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

レンズ検査装置

2. 特許請求の範囲

1. 被検査体である単レンズに光を照射する為の点光源となる照明手段と、該照明手段から出射された発散光を平行光束とする為のコリメートレンズと、前記レンズによつて得られる平行光束中に等間隔に配置されたピンホールを持つ隔板(ハルトマン板)と、前記隔板から出射された光線群の位置を識別する為の移動機構を持つた遮へい板、該遮へい板によつて位置の判つた光線群が被検査体である単レンズを透過し、収束、発散する光の位置を認識する為の移動機構を持つた撮像手段と、前記撮像手段の信号を処理し演算する演算処理手段と、演算処理結果を出力し作画する手段を具備したことを特徴とするレンズ検査装置。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、光線追跡を実験的に行なう結像系の収差測定装置に関するものであり、特に収差大のレンズの良・不良の合否判定を自動的に行なうレンズ検査装置に関する。

[従来の技術]

従来のハルトマン式レンズ検査装置については、オプティカル ショップ テスティング(1978)第323頁から第349頁(Optical Shop Testing(1978)PP323-349)において論じられている。

[発明が解決しようとする課題]

上記従来技術は被検レンズを透過した光線の焦点付近の2点における光軸からの距離を測定し、それから収差を算出するが、位置を測定する2点における光線位置の対応の点について配慮がされておらず、光線がクロスする場合に光線位置の識別に問題があつた。

本発明は光線位置を認識する事を目的としており、さらに簡便な装置で収差、レンズ性能が容易に高速で測定できることを目的としている。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するために、移動機構付きの遮へい板を設け、遮へい板を上下、左右2方向に移動させ、焦点付近での入射光位置と出射光位置を対応できるようにしたものである。また光線位置の測定のために移動機構付きのMOSカメラを設けたものである。

さらに撮像信号を演算処理するため演算処理装置で設けたものである。

〔作用〕

本発明では遮へい板は上下、左右2方向に動き、隔板（ハルトマン板）から出射された光線群が、焦点付近でどの光線が、どの位置を通るかが認識できる。それによつて焦点付近でクロスする様な光線群であっても光線位置が認識、測定できるのでどんなレンズでも収差が測定できる。

〔実施例〕

以下、本発明の一実施例を第1図により説明する。

まず全体構成を説明する。1はレーザ光を発す

よつて生じるノイズ光成分を除去する。対物レンズ2で集束発散した光は、収差のないコリメートレンズ4によつて平行光束となり、多数のピンホール5'を有する隔板5に達し、ピンホール部分を通過する。ピンホールを通過した多数の光線群は、詳細を後述する遮へい板6に達する。遮へい板には図示していないが、上下、左右2方向に移動できる機構を有し、制御回路とコンピュータ10によつてコントロールされる。遮へい板6の移動で、遮へい板6に遮られない光線は被測定レンズ7に達し、被測定レンズ7が凸レンズの場合は図示している如く収束光となりMOSカメラの撮像面8に達する。被測定レンズ7が凹レンズの場合は透過光が発散光となるが、これを無収差の集光レンズにより収束光とし同様に撮像面8に達する。次に撮像面8をコンピュータと制御回路10の制御信号でコントロールされる移動機構9によりA点からB点に移動させる。B点での撮像面を8'とする。A点における撮像面8の測定しようとする光点の光軸から高さを $h_1$ 、B点にお

るレーザ発振器、2はレーザ発振器1からのレーザ光を集光し発散させる顕微鏡用対物レンズ、3は集光レンズ2の焦点に配置し回折によるノイズを除去するピンホール、4は発散光を平行光にするコリメートレンズ、5は平行光束中に垂直に配置する多数のピンホールを持つ隔板（ハルトマン板）、6は上下、左右2方向に移動できる機構を持ち隔板から発したレーザ光を走査させる遮へい板、7は被測定レンズ、8は隔板によつて生じる多数の光線が照射した位置が画素単位で識別可能なMOSカメラの撮像面、9は撮像面を移動させる移動機構、10は遮へい板6と撮像面9の移動をコントロールする為の制御回路と測定結果を演算処理するコンピュータ、11は演算処理結果を作画するプロッター、12は測定データ、演算内容をプリントアウトするプリンターである。

次に上述した全体構成の動作について説明する。レーザ発振器1より放射されたレーザ光は顕微鏡用対物レンズ2で集束発散する。対物レンズ2の焦点（集光点）位置にピンホール3を置き回折に

ける撮像面8'の測定しようとする光点の光軸からの高さを $h_2$ とする。光軸と測定しようとする光線の交点FからA点での撮像面8までの距離 $l$ と $h_1$ 、 $h_2$ の関係は次式となる。

$$l = \frac{h_1}{h_1 + h_2} L \quad \dots (1)$$

$L$  : A点とB点の距離

より詳しい説明を焦点部分のみを示す第4図(a)により行なう。撮像面8のあるA点において光軸との交点 $P_1$ を原点とし、光軸に沿つて $l$ 軸、それと垂直方向に $h$ 軸をとると、光線はC点とD点を横切るのて $P_1C = h_1$ 、 $P_2D = h_2$ が撮像面8での光点位置として測定される。光線と光軸との交点Fは $P_1F = l$ が(1)式で求められる。さらに、最良の焦点位置（最小錯乱円またはガウス像点） $F_0$ を考えると、 $P_1$ からの距離を $L_0$ とすれば $F_0$ とFの距離 $\Delta l$ が、縦収差と呼ばれる量であり(2)式となる。

$$\Delta l = l - L_0 \quad \dots (2)$$

$F_0$ から $h$ 軸方向への光線との距離 $\Delta h$ が横収差

と呼ばれる量で(3)式となる。

$$\Delta h = \frac{\Delta \ell}{\ell} h \quad \dots (3)$$

第3図(a)にも示したように、ピンホールは直径方向に多数並んでおり、これらhの異なる一列の光線に関して収差を計算し、縦軸にh横軸に $\ell$ または $\Delta \ell$ をとれば収差曲線 $\ell(h)$ が得られる。これら一連の演算処理はコンピュータ10で行なわれ、その結果はプロッタ11、プリンタ12に出力される。代表的な球面収差の測定例を第4図(b)に示す。

遮へい板6を上下、左右2方向に移動させる機構の一例を第2図により説明する。まず全体構成を説明する。13、14、15、16は遮へい板の移動を案内する為のシャフト、13'、14'、15'、16'はボールスライダ、6は遮へい板、17は筐体、18、19はシャフト13、14、15、6をスライドさせる為の機構、20、21は移動機構の駆動源であるモータである。制御回路10からの移動制御信号がモータ20、21に

入力されるとモータ20、21が回転し、モータに直結されモータ軸と共に回転する(図示していない)スクリーンシャフトを持つ機構18、19によつて遮へい板6が移動される。

次に隔板(ハルトマン板)5の形状を第3図、第5図で説明する。第3図(a)に示す隔板は径方向の4直径について測定する為の隔板である。ピンホールの各点毎の撮像面8での位置を測定したい時は第3図(b)に示す様な中央部にピンホールより若干大きな穴を一ヶ設けた遮へい板を用いれば良く、この遮へい板を径方向にピンホールのピッチ毎に走査する。又、他の方法としては、第5図に示す遮へい板を用い、第7図に示す如く遮へい板を上下方向と左右方向に各々移動させ、上下方向移動時の各行における光点位置を記憶しておき、左右方向移動時の各列毎の光点位置データとのANDを取ると隔板5のピンホールの各光点位置とピンホールから出射された各光線が撮像面8に達してときの位置が対応づけられてる。ここまでの説明では被測定レンズの焦点前後2点の

光線位置より収差を測定するものであつたが、設計上の光線追跡データとの差を求め合否判定するレンズ検査装置においては、隔板5のピンホールを通過した光線全てが撮像面8の全面に到達する様な焦点付近1点の測定で良い。

次に被測定レンズの表面形状の球面収差が歪みを測定する場合の構成において説明する。測定データの演算処理については前記透過光収差と同様である。被測定レンズ7の表面が凹面の場合の構成を第6図に示す。レーザ発振器1から出射したレーザ光は対物レンズ2により収束・発散光となり、回折光のノイズ成分を除去するピンホール3を通り、コリートレンズ4で平行光となり、等間隔のピンホールを多数持つ隔板を経て、光線群となり、集光レンズ7'で収束光となり、ミラー22、ハーフミラー23で反射し、被測定レンズ7の表面で反射し、ビームスプリッタ23を透過し撮像面8に達する。遮へい板6を上下、左右2方向移動する事によつて隔板5のピンホール位置と撮像面8での光点位置が対応づけられコンピュ

ータ10で演算処理し被測定レンズ7の表面形状によつて生ずる収差が測定できる。被測定レンズ7の表面が凸面の場合の構成を第8図に示す。レーザ発振器1より出射したレーザ光は対物レンズ2で収束発散する。ピンホール3によつて回折によるノイズ光成分が除去されコリメートレンズ4によつて平行光束となり隔板5に達する。隔板5には等間隔の多数のピンホールがあり、ピンホールを通過した光線群はハーフミラー25を透過し、無収差の集光レンズ7'により被測定レンズ7の表面に達する。被測定レンズ7の表面で反射した光線群はハーフミラー25で反射し、集光レンズ24で撮像面8に達する。遮へい板6を上下、左右2方向移動し、隔板5のピンホール位置と撮像面8での光線位置を対応づけて、コンピュータ10で演算処理被測定レンズ7の表面形状によつて生ずる収差を測定する。

(発明の効果)

本発明によればハルトマン法での光線追跡において、隔板のピンホール位置と撮像面上の光点位

置が対応づけられるので、光線がクロスする様な収差大のレンズであっても測定できるので測定範囲が大きくなる効果がある。

また、光線位置の対応づけによつて演算処理が容易となるので測定時間が短縮される効果がある。

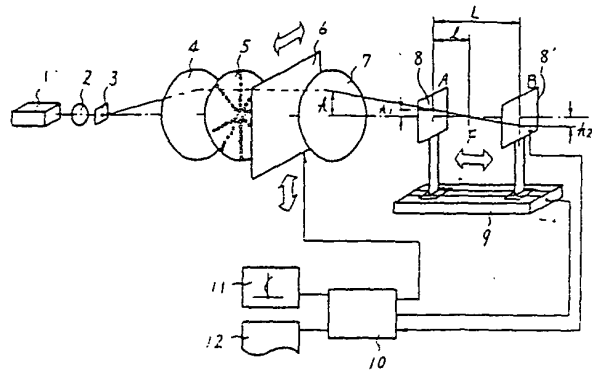
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の構成図、第2図は第1図の遮へい板6の移動機構の一例の構成図、第3図は隔板(ハルトマン板)の一例を示す図、第4図は収差算出の説明図、第5図は隔板の一例を示す図、第6図は被測定面が凹面の場合の一実施例の構成図、第7図は収差算出の演算処理を説明するフローチャート図、第8図は被測定面が凸面の場合の一実施例の構成図である。

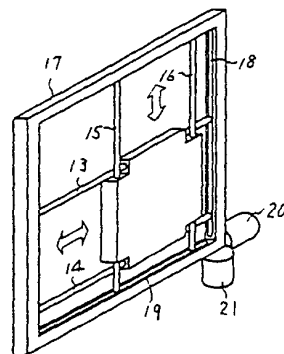
1…レーザ発振器、2…対物レンズ、3…ピンホール、4…コリメートレンズ、5…隔板(ハルトマン板)、6…遮へい板、7…被測定レンズ、8…撮像面、9…移動機構、10…制御回路とコンピュータ。

代理人 井理士 小川勝男

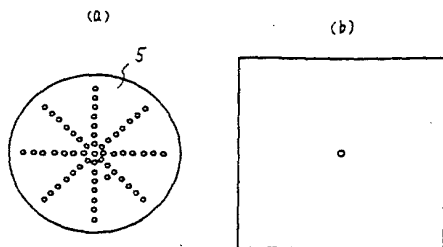
第1図



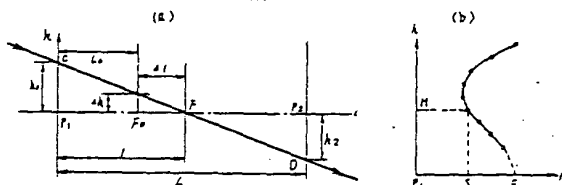
第2図



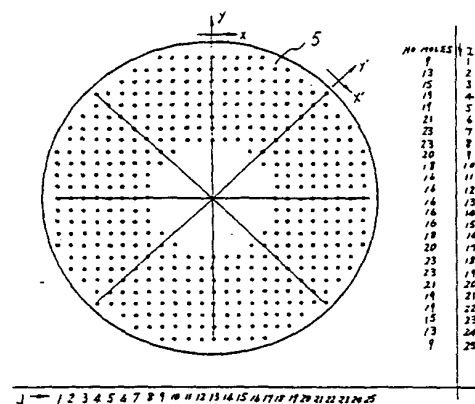
第3図



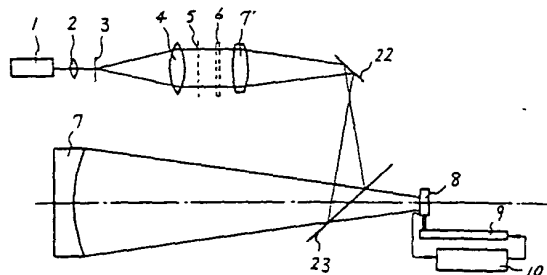
第4図



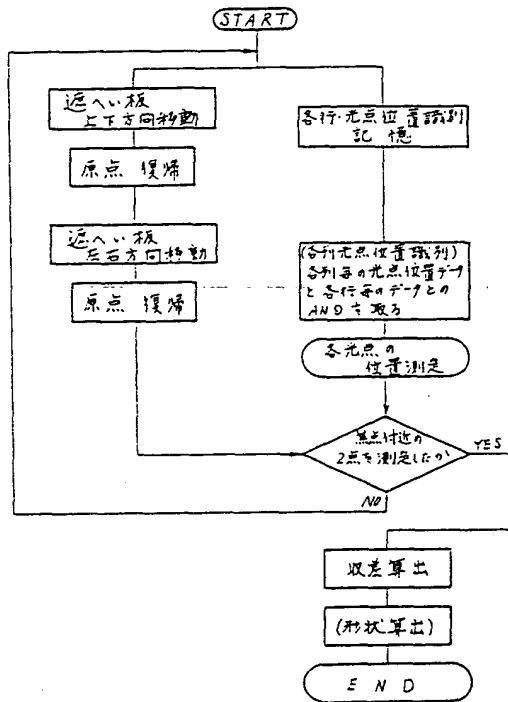
第5図



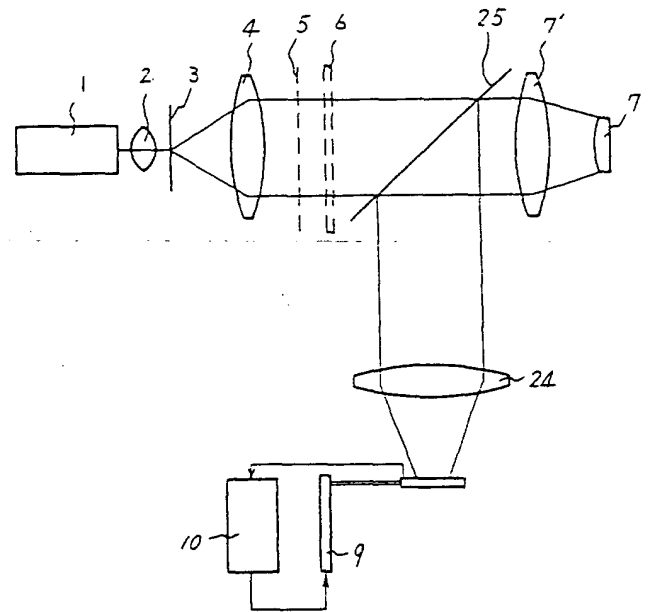
第6図



第 7 図



第 8 図



English translation of Japanese Patent Laid-Open No.2-238338

## SPECIFICATION

### 1. Title of the Invention

Lens Testing Apparatus

Inventor: Syunnichi Akiba

Inventor: Kazuhito Kinoshita

Applicant: HITACHI, Ltd.

Laid-Open Publication Number: No.2-238338

Filing Number: No.1-57740

Filing Date: March 3, 1989

### 2. Claims:

#### 1. A lens testing apparatus comprising:

illumination means serving as a point light source for applying a light to a single lens to tested;

a collimator lens for collimating a divergent light emitted from said illumination means into parallel light fluxes;

a spacing plate (Hartmann plate) having pin holes which are disposed at regular intervals in said parallel light fluxes obtained by said lens;

a shielding plate having a moving mechanism for identifying the position of a light beam group emitted from said spacing plate;

the position at which the light beam group with the position identified by said shielding plate is passed through the single lens to be tested and is converged or diverged;

arithmetic operation processing means for processing a signal from said image pick-up means by arithmetic operation; and

means for outputting and plotting a result of said arithmetic operation.

### 3. Detailed Description of the Invention

#### [Field of the Industrial Utilization]

The present invention relates to an aberration measuring apparatus of an imaging system which experimentally executes tracing of a light beam. The present invention particularly relates to a lens testing apparatus for automatically judgement whether a lens having a large aberration is passable or defective.

#### [Prior Art]

A conventional Hartmann lens testing apparatus is described in "Optical Shop Testing (1978), PP323 to 349".

#### [Problems to be solved by the Invention]

In the conventional apparatus described above, the distances of a light beam passing through a lens to be tested from the optical axis are measured at two points in the vicinity of the focal point so as to calculate an aberration. However, no

consideration is given in this prior art for the correspondence between the light beam positions at the two points for measuring the positions. Thus, there arise a problem of identification of the light beam position when the light beams are crossing each other.

The present invention aims of recognizing light beam positions, and further aims of measuring an aberration and the lens performance easily at high speed with a simple apparatus.

[Means for Solving the Problems]

In order to achieve the above objects, a shielding plate with a moving mechanism is provided to be moved in two direction, that is, in the up-and-down direction and the right-and-left direction, thereby allowing an entrance light position and an exit light position to be corresponding to each other. There is also provided an MOS camera having a moving mechanism for measuring a light beam position.

Further, there is also provided an arithmetic operation processing apparatus for processing an image pick-up signal by arithmetic operation.

[Mode of Operation]

According to the present invention, the shielding plate is moved in the up-and-down direction and the right-and-left direction, whereby, out of a light beam group emitted from the spacing plate (Hartmann plate), which light beam is passed



through which position in the vicinity of the focal point can be recognized. As a result, even in a light beam group in which light beams are crossing each other in the vicinity of the focal point, the positions of the light beams can be recognized and measured, which means that it is possible to measure an aberration of any lens.

[Embodiments]

An embodiment of the present invention will be described below with reference to Fig. 1.

First, the entire configuration of the embodiment will be described, in which there are provided a laser oscillator 1 for emitting a laser beam, an objective lens 2 to be used in a microscope for condensing and diverging the laser beam from the laser oscillator, a pin hole 3 disposed at the focal point of the condensing lens for removing the noise created by diffraction, a collimator lens 4 for collimating the divergent light, a spacing plate (Hartmann plate) having a large number of pin holes which are disposed perpendicularly in the collimated light fluxes, a shielding plate 6 having a mechanism which is movable in the two directions, that is, the up-and-down and right-and-left directions, for scanning the laser beam emitted from the spacing plate, a lens 7 to be tested, an image pick-up surface 8 of an MOS camera capable of identifying the positions on which a large number of light beams created by the

spacing plate are applied in the unit of picture elements, and a moving mechanism 9 for moving the image pick-up surface. Further, reference numeral 10 denotes a control circuit for controlling the movement of the shielding plate 6 and of the image pick-up surface 9 and a computer for processing a result of the measurement by an arithmetic operation. There are also provided a plotter 11 for plotting a result of the arithmetic operation, and a printer 12 for printing the measurement data and the contents of the arithmetic operation.

Next, an operation of the entire configuration described above will be explained. A laser beam emitted from the laser oscillator 1 is converged or diverged by the objective lens 2 which is to be used in a microscope. The pin hole 3 is disposed at the focal position (convergent point) of the objective lens 2 for removing the noise optical component which is produced by diffraction. The light converged or diverged by the objective lens 2 is collimated to become parallel light fluxes by the collimator lens 4 having no aberration, reaches the spacing plate 5 having a large number of pin holes 5' and passes through the pin hole portion. The group of a large number of light beams passing through the pin holes reaches the shielding plate 6 which is described later more specifically. Though not shown in the drawing, the shielding plate has a mechanism capable of moving in the up-and-down and right-and-left

directions, so as to be controlled by the control circuit and computer 10. With the movement of the shielding plate 6, the light beam which is not shielded by the shielding plate 6 reaches the lens 7 to be tested. When this lens 7 is a convex lens, the above light beam becomes a converged light, as shown in the drawing, and reaches the image pick-up surface 8 of the MOS camera. When the lens 7 is a concave lens, the transmitted light becomes a divergent light. However, this divergent light is changed into a convergent light by the condensing lens having no aberration and reaches the image pick-up surface 8 in the same manner. Next, the image pick-up surface 8 is moved from the point A to the point B by the moving mechanism 9 which is controlled by a control signal of the computer and control circuit 10. The image pick-up surface at the point B is denoted by 8'. The height of the image pick-up surface 8 at the point A from the optical axis of the light spot to be measured is denoted by  $h_1$ , and the height of the image pick-up surface 8' at the point B from the optical axis of the light spot to be measured is denoted by  $h_2$ . The relation among the distance  $l$  from the point F of intersection between the optical axis and the light beam to be measured to the image pick-up surface 8 at the point A and the heights  $h_1$  and  $h_2$  is expressed as follows:

$$l = (h_1 / (h_1 + h_2)) \times L \quad \dots (1),$$

where  $L$  is the distance between the point A and the point

where  $L$  is the distance between the point A and the point B.

More detailed description will be made with reference to (a) of Fig. 4 which shows a focal point portion only. On the assumption that the point  $P_1$  of intersection with the optical axis at the point A on the image pick-up surface 8 is the origin, the axis  $l$  is plotted along the optical axis and the axis  $h_1$  is plotted in the direction perpendicular to the axis  $h_1$ , the light beam intersects the point C and the point D, so that  $\overline{P_1C} = h_1$  and  $\overline{P_2D} = h_2$  are obtained as the measured positions of the light spots on the image pick-up surface 8. For the point F of intersection between the light beam and the optical axis,  $P_1F = l$  is obtained from the expression (1). Further, when the optimal focal position (the minimum circle of confusion or a Gaussian image point)  $F_o$  is taken into consideration, if the distance from the  $P_1$  is denoted by  $L_o$ , the distance  $\Delta l$  between  $F_o$  and F is an amount called a longitudinal aberration and is obtained from the following expression (2):

$$\Delta l = l - L_o \quad \dots (2).$$

The distance  $\Delta h$  from  $F_o$  to the light beam in the direction of the axis  $h$  is an amount called a lateral aberration and is obtained from the following expression (3):

$$\Delta h = \Delta l / l \times h \quad \dots (3).$$

As shown in (a) of Fig. 3, the large number of pin holes are

with respect to these light beams in one line having different  $h$ , and then, on the assumption that  $h$  is plotted along the ordinate while  $l$  or  $\Delta l$  is plotted along the abscissa, an aberration curve  $l(h)$  can be obtained. These series of arithmetic operations are executed by the computer 10, and a result thereof is output to the plotter 11 and the printer 12. A typical measured data for a spherical aberration is shown in (b) of Fig. 4.

A mechanism for moving the shielding plate 6 in the two directions, that is, the up-and-down and right-and-left directions, will be described with reference to Fig. 2. First, the entire configuration of the mechanism will be described. The entire mechanism comprises shafts 13, 14, 15 and 16 for guiding the movement of the shielding plate, ball sliders 13', 14', 15' and 16', the shielding plate 6, a housing 17, mechanisms 18 and 19 for causing the shafts 13, 14, 15 and 16 to slide, and motors 20 and 21 serving as the driving sources of the moving mechanism. When a movement control signal from the control circuit 10 is supplied to the motors 20 and 21, the motors 20 and 21 are rotated and the shielding plate 6 is moved by the mechanisms 18 and 19 which have the screw shafts (not shown) directly connected to the motors and rotating with the motor shafts.

Next, the shape of the spacing plate (Hartmann plate) 5 will

be described with reference to Fig. 3 and Fig. 5. The spacing plate shown in (a) of Fig. 3 is a spacing plate for measuring the four diameters in the radial direction. In order to measure the position of the pin hole for each point on the image pick-up surface 8, a shield plate which has a hole slightly larger than the pin hole at the center thereof, as shown in (b) of Fig. 3 can be employed. This shielding plate is scanned for each pitch of the pin hole in the radial direction. Alternatively, the shielding plate shown in Fig. 5 is employed to be moved in both directions, that is, in the up-and-down direction and the right-and-left direction, as shown in Fig. 7, and the position of a light spot in each row in the up-and-down direction is stored so that AND is obtained with the positional data of the light spot for each column in the movement in the right-and-left direction, whereby each light spot position of the pin hole of the spacing plate 5 is made to correspond to the position at which each light beam emitted from the pin hole reaches the image pick-up surface 8. In the foregoing description, an aberration was to be measured from the light beams at two spots before and behind the tested lens. However, in the lens testing apparatus for judging whether the lens is passable or defective from a difference between the designed light beam tracking data and the actual one, it is sufficient to conduct measurement on such one point in the vicinity of the focal point at which all of

the light beams passed through the pin holes of the shielding plate 5 reach the entire image pick-up surface 8.

Next, description will be made on the arrangement for measuring a distortion or a spherical aberration of the surface form of the tested lens. The arithmetic operation on measurement data is the same as that on the aberration of the transmitted light. An arrangement in which the surface of the tested lens 7 is concave is shown in Fig. 6. In this arrangement, a laser beam emitted from the laser oscillator 1 is changed into converged or diverged light by the objective lens 2, passes through the pin hole 3 for removing a noise component of a diffracted light, is collimated by the collimator lens 4, passes through the spacing plate having the large number of pin holes disposed at regular intervals to become a light beam group, is converged by a condensing lens 7', is reflected by a mirror 22 and a half mirror 23, is reflected also by the surface of the tested lens 7, and passes through a beam splitter 23 to reach the image pick-up surface 8. When the shielding plate 6 is moved in the up-and-down and right-and-left directions, the position of the pin hole of the spacing plate 5 and the position of the light spot on the image pick-up surface 8 are made to be corresponding to each other, so that an aberration caused by the surface form of the tested lens 7 can be obtained with the arithmetic operation by the computer 10. An arrangement in

which the surface of the tested lens 7 is convex is shown in Fig. 8. In this arrangement, a laser beam emitted from the laser oscillator 1 is converged or diverged by the objective lens 2. The noise light component of the laser beam which is produced by diffraction is removed by the pin hole 3, and the laser beam is collimated by the collimator lens 4 to become parallel light fluxes and reaches the spacing plate 5. The spacing plate 5 has a large number of pin holes disposed at regular intervals, and a group of light beams passing through the pin holes is transmitted through a half mirror 25, and reaches the surface of the tested lens 7 by means of the condensing lens 7' with no aberration. The light beam group reflected by the surface of the tested lens 7 is reflected by the half mirror 25 and reaches the image pick-up surface 8 by means of the condensing lens 24. The shielding plate 6 is moved in the two directions, that is, in the up-and-down direction and the right-and-left direction, to make the pin hole position of the spacing plate 5 to be corresponding to the light beam position on the image pick-up surface 8, and an aberration caused by the surface form of the tested lens 7 is calculated by the arithmetic operation conducted by the computer 10.

#### [Effect of the Invention]

According to the present invention, since the position of the pin hole of the spacing plate is made to be corresponding



to the position of the light spot on the image pick-up surface in the light beam tracking by the Hartmann method, even a lens having such a large aberration as causing crossing of light beams can be measured. Consequently, the range of the measurement can be enlarged.

Also, the time required for the measurement can be reduced since the arithmetic operation can be executed more easily by the corresponding relation of the light beam position.

#### 4. Brief Description of the Drawings:

Fig. 1 is a view for showing the configuration of an embodiment according to the present invention,

Fig. 2 is a view for showing the configuration of a moving mechanism of the shielding plate 6 shown in Fig. 1;

Figs. 3(a) and 3(b) are views for showing spacing plates;

Figs. 4(a) and 4(b) are views for explaining an aberration calculation;

Fig. 5 is a view for showing another spacing plate;

Fig. 6 is a view for showing the configuration of an embodiment in which the surface to be measured is concave;

Fig. 7 is a flow chart for explaining the arithmetic operation for calculating an aberration; and

Fig. 8 is a view for showing the configuration of another embodiment in which the surface to be measured is convex.

[Description of the Reference Numerals and Symbols]

- 1 ... Laser oscillator
- 2 ... Objective lens
- 3 ... Pin hole
- 4 ... Collimator lens
- 5 ... Spacing plate (Hartmann plate)
- 6 ... Shielding plate
- 7 ... Tested lens
- 8 ... Image pick-up surface
- 9 ... Moving mechanism
- 10 ... Control circuit and computer